第四章 天文學的起源

公元 1340 年左右，英國學者奧卡姆 (William of Occam) 發表了一項著名的原則，稱為奧卡姆的「簡單性原則」 (Occam's razor)。這項原則幫助科學家在多個互相競爭的理論當中選擇最好的一個。扼要引錄如下：

「在互相競爭的理論當中，最好的理論就是最簡單的理論，換言之，能夠以最少的假設解釋所有觀測結果就是最好的理論。」

4.1 古希臘的天文學

- 泰利斯 (**Thales of Miletus**, 624 – 547 BC)
  - 宇宙是合理的，是人類可以理解的
  - 這種觀念反對早期的神秘主義。神秘主義認為事物的成因超越人類所能理解的範疇
- 畢達哥拉斯 (**Pythagoras**, 570 – 500 BC)
  - 畢達哥拉斯學派 (400-600 BC)
  - 天地萬物皆以幾何和數學原則為基礎
  - 天體運動之和諧產生真實的音律，天體與地球的距離和八音的階程成正比
  - 從觀測推斷地球是圓的：(1) 船回航時桅杆首先在地平線上出現 (2) 人向南行，南天的星上升，北天的星下沉 (3) 月食時看見地球的影子是圓的

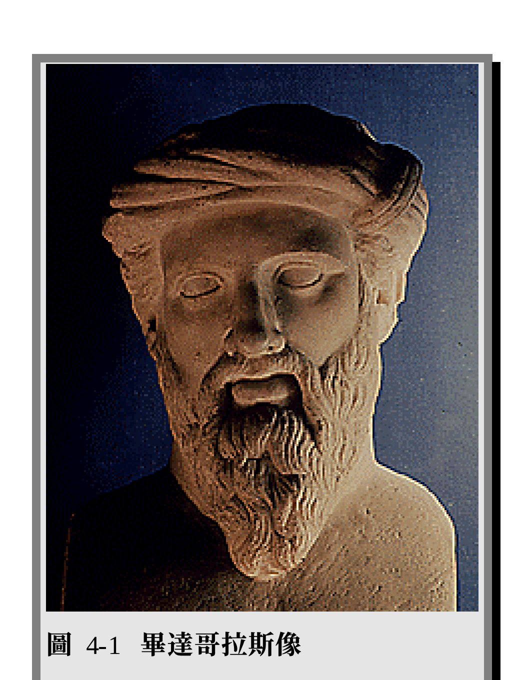


圖 4-1 畢達哥拉斯像

- 柏拉圖 (**Plato**, 428 – 347 BC)
  - 我們看見的現實只是某種完美狀態的一種扭曲投影
  - 開始了抽象的哲學與科學思維
  - 圓形是最完美的形狀，因此天空中各星體都應作等速的圓周運動
- 阿里士多德 (**Aristotle**, 384 – 322 BC)
  - 和大多數先驅者一樣，相信宇宙以地球為中心，建立地心模型 (**Geocentric model**)
  - 共有 56 個結晶球環繞靜止的地球轉動
  - 為了解釋太陽、月球和行星的視運動模式，他指出這 56 個球體不斷地向西轉動，並彼此相對運行
- 阿歷山大學派 (~ 400 BC - 600 AD)
  - 約在 400 BC，阿歷山大帝國崩潰後，尼羅河一帶成為文化中心

- 阿歷山大 (Alexandria) 之學府為科學史上第一所科學機構，擁有宏大的圖書館

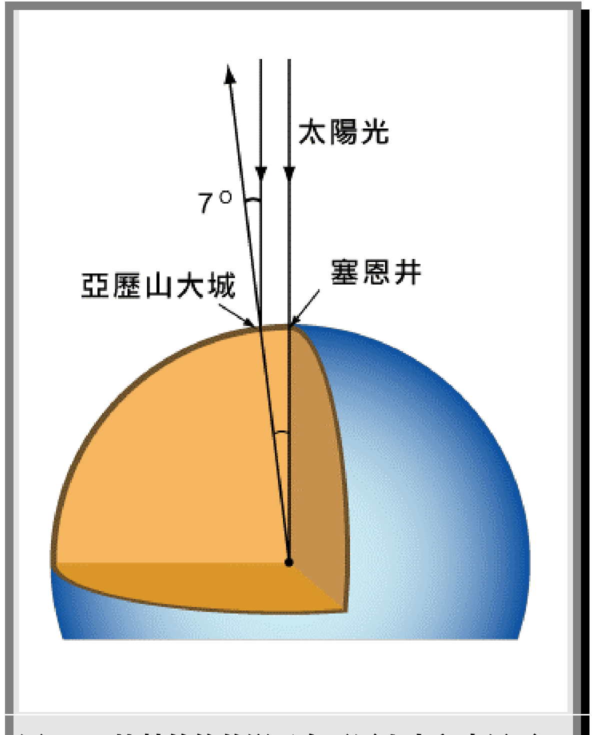


圖 4-2 比較竹竿的影子在亞歷山大和塞恩兩地的長度，厄拉多塞內斯測定了地球圓周的長度。

- 厄拉多塞內斯 (**Eratosthenes**, 276 - 194 BC) (阿歷山大學派)
  - 比較竹竿的影子在亞歷山大和塞恩兩地的長度，以測定地球圓周長度，與現在所知的結果只相差幾百公里 (圖 4-2)
- 阿里斯塔恰斯 (**Aristarchus** ~300 BC) (阿歷山大學派)
  - 利用下列的觀測結果準確地計算月球的距離：(1) 日全食時月球剛好蓋過太陽，因此月球和太陽在天空中的視大小幾乎相同，約為半度 (2) 在月食時可以測量地影與月球的大小比例 (3) 已知地球的直徑
  - 提出日心說的正確推理：太陽離我們很遠，但它在天空中和月球一樣大，所以它一定遠比地球大。因此太陽才是宇宙的中心！
- 伊巴谷 (**Hipparchus**, ~200 BC) (阿歷山大學派)
  - 古代最偉大的天文觀測者
  - 創立了三角學，並以此精確地觀測月球的位置和四季的長短
  - 繪畫了第一幅星表，並發現了歲差的現象
  - 每顆行星在其細小的圓形軌道上運行，而小圓的中心則循著另一個較大的圓形軌道繞地球轉動 (本輪與均輪的模型)



圖 4-3 伊巴谷

- 托勒玫 (**Ptolemy**, ~140 BC)
  - 總結前人的理論，運用更成熟的數學方法修改了地心模型
  - 《大綜合論》(Megale Syntaxis) 成為地心說的經典著作，記載了古希臘的天文學成就

- 地心說的模型
  - 從地球看，行星在黃道附近向東移動。但它有時會緩慢下來，直至停滯不前及往反方向運行，稱為逆行 (Retrograde motion)。簡單的地心模型不能解釋這種現象 (圖 4-4)
  - 每顆行星在其細小的圓形軌道 (本輪, Epicycle) 上運行，而本輪的圓心又在另一個大圓形軌道 (均輪, Deferent) 上繞地球運行 (圖 4-5)。地球接近但不在均輪的圓心上
  - 假設金星和水星的本輪中心永遠位於地球和太陽的連線上，嘗試解釋為何它們總以晨星或昏星的姿態出現 (圖 4-6)
  - 托勒玫的模型與觀測結果大致相符。但細小的誤差隨時間不斷累積。隨著觀測技術進步，這模型顯得越來越不準確

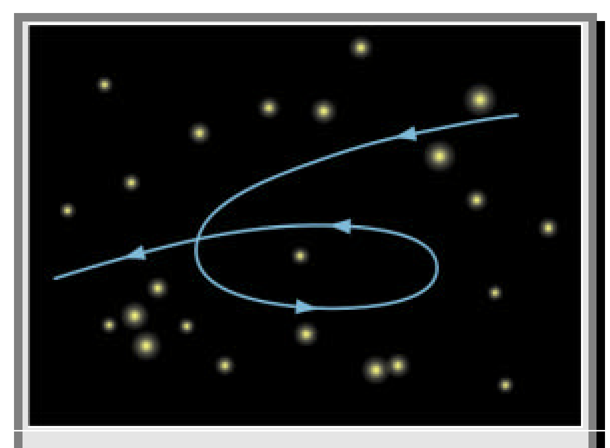


圖 4-4 行星循著黃道向東移動。但它有時會慢下來，直至靜止及往反方向運行，稱為逆行。

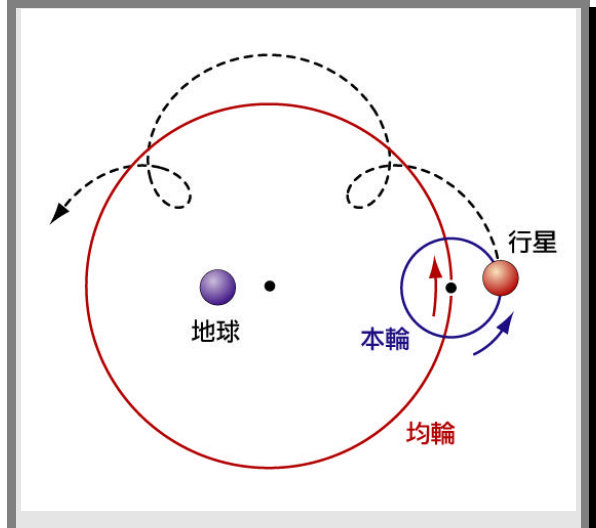


圖 4-5 伊巴谷和托勒玫認為行星在本輪圈上轉動，而本輪圓心則循著均輪圈繞地球運行。

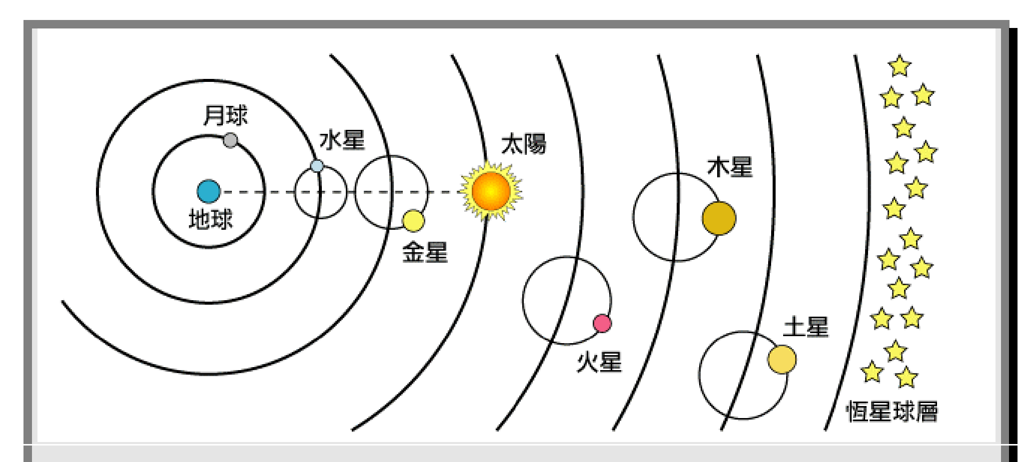


圖 4-6 托勒玫系統以地球為宇宙中心，並以行星在本輪圈上作等速圓周運動為基礎。此理論要求水星與金星的本輪圓心必須位於地球與太陽所連成的直線上。

4.2 現代天文學的開端

- 哥白尼 (**Copernicus**, 1473 – 1543 AD)
  - **他提出日心模型 (Heliocentric model)，認為太陽是宇宙的中心，行星 (包括地球) 繞著靜止的太陽作圓周運動** (**圖** 4-8)



圖 4-7　**哥白尼**

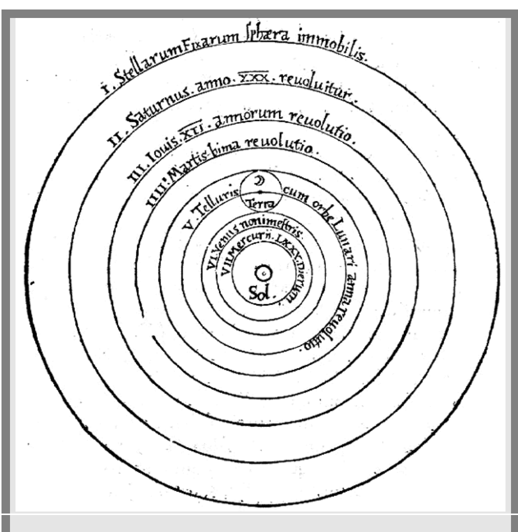


圖 4-8　**哥白尼在《天體運行之革命》一書中刊登了他的宇宙模型。他認為太陽是宇宙的中心，地球與其他行星繞著太陽作圓周運動，宇宙的外層被一個固定的球面包裹著，上面佈滿恆星。**

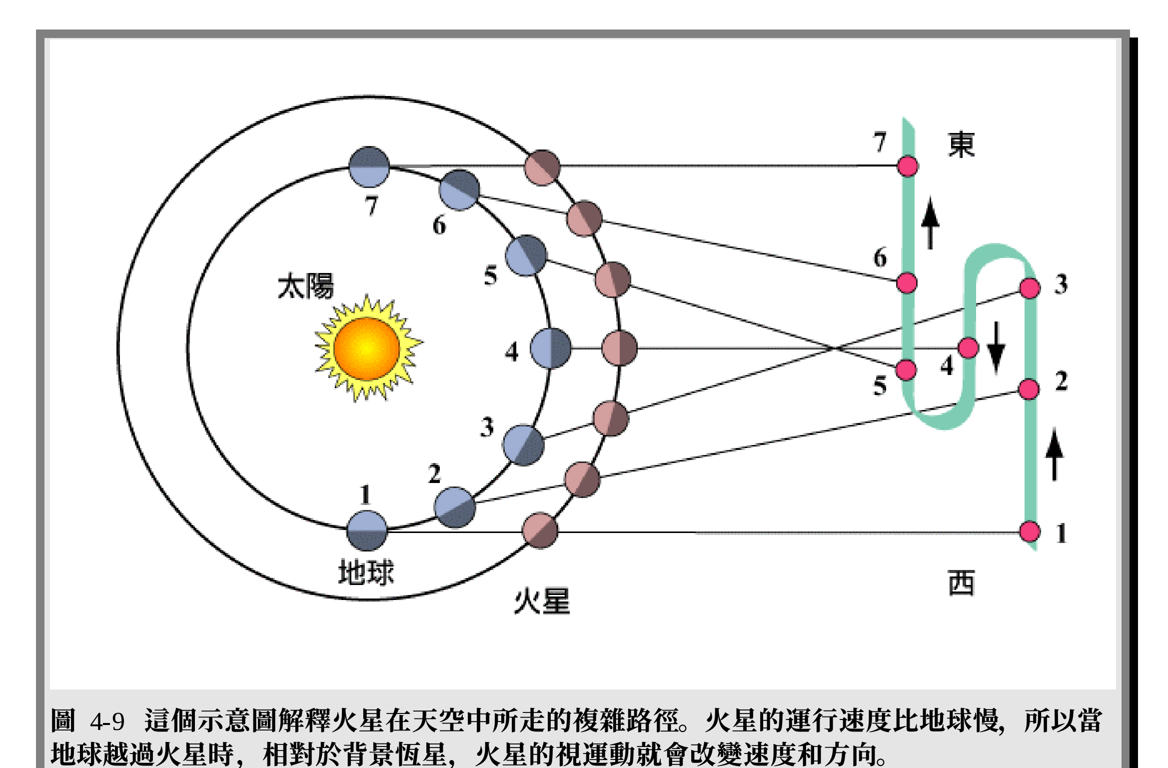


圖 4-9　**這個示意圖解釋火星在天空中所走的複雜路徑。火星的運行速度比地球慢，所以當地球越過火星時，相對於背景恆星，火星的視運動就會改變速度和方向。**

– 哥白尼系統簡單地解釋了行星逆行的原因：地球的公轉速度比外行星快，軌道也較小，當地球越過外行星時，便出現逆行現象 (圖 4-9)
– 哥白尼的日心模型並不能比托勒玫的地心模型更準確地預測行星的位置，但比地心模型更為簡單、優美

- 伽利略 (**Galileo Galilei**, 1564 – 1642 AD)
  – 史無前例地使用望遠鏡作有系統的天文觀測，並通過實驗和觀測的結果建立科學理論
  – 發現月面佈滿凸凹不平的山脈，證明天體不像傳統想像般完美
  – 發現金星有完整的位相變化 (盈虧)，說明金星環繞太陽公轉 (圖 4-11)
  – 發現四個衛星環繞木星公轉，當木星移動時，其衛星仍跟隨著它。以此說明地球運動並不荒謬，月球不會因地球運動而落後
  – 發現太陽黑子和它們在日面上的運動。證明太陽會自轉，不像傳統想像般完美
  – 哥白尼日心模型的偉大保衛者。發表《星宿使者》(Sidereal Messenger)，宣揚哥白尼的學說
  – 1616 年接受宗教裁判，答應不再堅持、辯護及教導 (最後一項可能是教會的人後來加上去的) 哥白尼的學說。同年，哥白尼的《天體運行之



圖 4-10 伽利略的望遠鏡

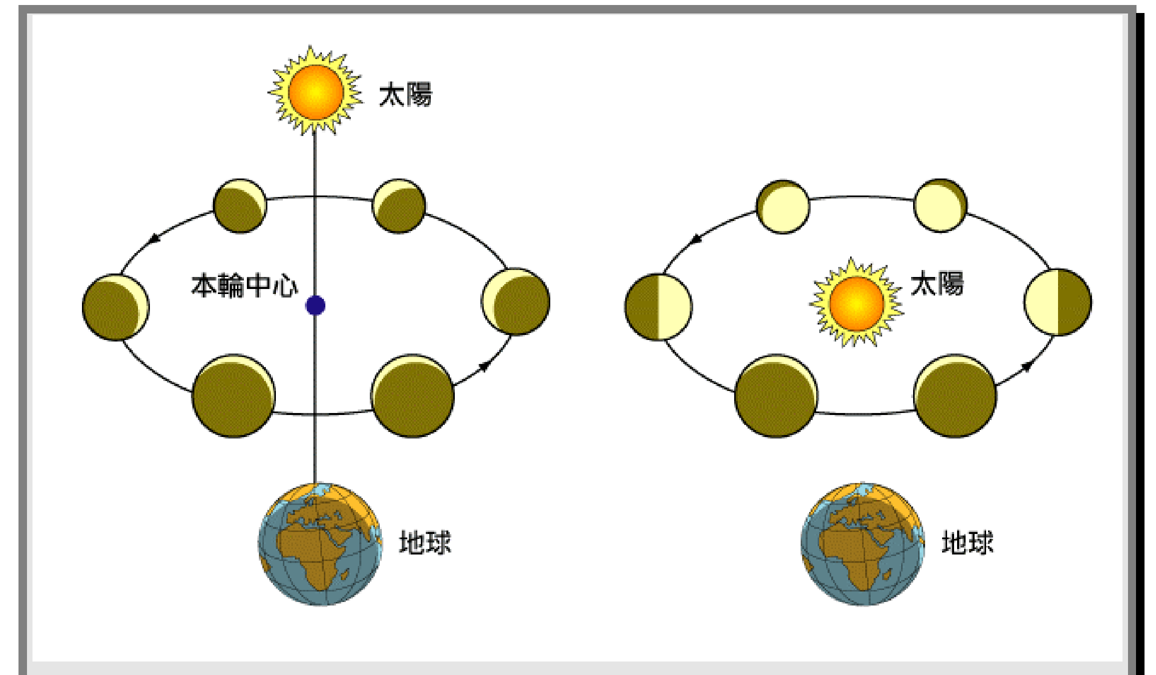


圖 4-11 在托勒玫的模型中 (左圖)，金星的本輪位於地球和太陽之間，所以金星永遠以蛾蝴月狀出現。伽利略利用望遠鏡，發現金星會經歷完整的位相變化，證明金星如哥白尼所假設般環繞太陽公轉 (右圖)。注意金星的盈虧與其視大小的關係。金星在蛾蝴月狀時比在滿月狀時較接近地球，因此也顯得較大。

革命》亦被列為禁書
- 白勃里尼主教—伽利略的朋友，成為教宗，使伽利略非常高興。後來伽利略冒險發表《兩個世界的對話》(Dialog Concerning the Two Chief World Systems) 一書，內容描述為地心說辨護的人的愚昧，引起很大的迴響，並再次激怒教庭
- 1633 再次在羅馬教庭受審，被判有罪及被軟禁，直至1642 年去世

- 布拉赫 · 第谷 (**Tycho Brahe**, ~1600)
  - 一位偉大的天文觀測家。他用了二十年光陰，每天從不間斷地觀測太陽、月球和行星的位置，雖然沒有望遠鏡的協助，他測量的誤差卻少於 4′。
  - 摒棄哥白尼的日心模型和托勒玫的地心模型，因為兩者皆不能作出準確的天文預測。他曾建立一個半日心半地心的複雜宇宙模型，但後來卻被證實是錯誤的


圖 4-12　第谷 (左) 及開普勒 (右)

- 約翰尼斯 · 開普勒 (**Johannes Kepler**, 1571 - 1630)
  - 試圖用幾何關係解釋行星距離，但失敗
  - 後來據第谷的觀測資料，推論出三條舉世聞名的行星運動定律 (**Laws of planetary motion**)
- 行星運動第一定律：每顆行星都在其橢圓形軌道上環繞太陽運行。太陽在橢圓軌道的其中一個焦點上 (圖 4-13)。
- 行星運動第二定律：若把太陽與行星以一條直線連接起來，這條直線會在相等的時間內掃過相等的面積 (圖 4-14)
  - 因此行星接近太陽時，運行速度較快
- 行星運動第三定律：行星公轉週期 (p) 的平方， 與它和太陽平均距離 (a) 的立方成正比

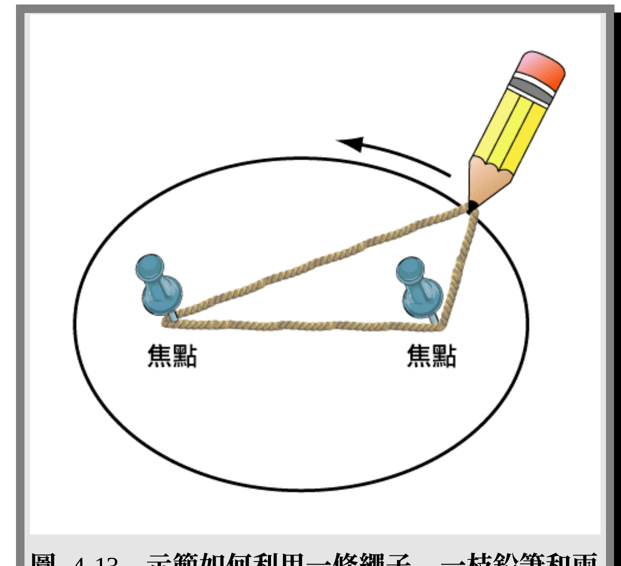


圖 4-13　示範如何利用一條繩子、一枝鉛筆和兩枚大頭釘畫出一個橢圓形。開普勒第一定律指出，行星在橢圓形的軌道上繞太陽運行，太陽位於橢圓形的其中一個焦點上。

- 因此行星距離太陽越遠，公轉週期越長

- 行星運動定律可以十分準確地預測每顆行星的位置 (哥白尼的日心模型假設行星公轉軌道是圓形的，故不能作出準確的預測)，最終證實了日心模型

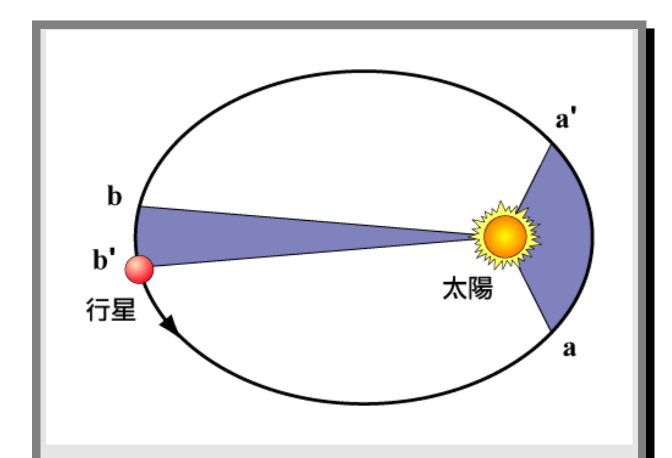


圖 4-14　開普勒的行星運動第二定律指出，太陽與行星所連成的直線於相等的時間內掃過相等的面積。圖中兩處深色部份的面積相等，故可推論行星走過這兩段路徑 (aa', bb') 所需的時間相等。注意行星越近太陽，運行速度越快。